

宇宙と地上における食課題解決の同時実現への期待

株式会社 野村総合研究所
CX コンサルティング部
コンサルタント 森 裕和



1 はじめに

宇宙食と聞くと、一般的には宇宙飛行士が国際宇宙ステーション（以下 ISS）で食べていて、映画「マトリックス」に出てくるような必要栄養素をすべて含んでいるペーストのようなものがほとんどだと思う人が多いのではないかと。実際に宇宙開発の初期のころは、軍用のレーション（軍隊や自衛隊で配給される携帯用の食料）など栄養摂取に特化した保存性、携帯性に突出した食べ物が食されていたが、数十年の時を経て、現在ではミシュランシェフがつくったフランス料理や新鮮な果物を ISS で食べられる機会も出てきている。

本稿では、宇宙食の過去、現在、未来を分析し、宇宙食“産業”の現在の弱みをとらえ、持続可能な宇宙食開発を成り立たせるために必要な対応策を提言する。

2 宇宙食の種類

今日、ヒトが一定期間宇宙に滞在できる場所は ISS と中国の天宮号宇宙ステーションのみとなっている。ISS は米国、ロシア、欧州、カナダ、日本が主要な運用地域・国となっており、ロシアとそれ以外で宇宙ステーション上での滞在区域が分かれています。

図表 1 NASA が用意する現在の宇宙食イメージ



出所) NASA ウェブサイト https://www.nasa.gov/audience/formedia/presskits/spacefood/gallery_jsc2003e63872.html

図表 2 宇宙日本食のレパートリー



画像提供) JAXA
出所) NRI 作成

る。“共通宇宙食”としてロシア側とそれ以外では、それぞれ滞在する宇宙飛行士の国籍や所属に関わらず用意されているものがあり、ロシア側ではロシアの宇宙開発全般を担当する国営企業 Roscosmos により缶詰めされた宇宙食が、ロシアの滞在区画外では NASA により水分を抜いたパウチ式の宇宙食が用意されている（図表 1）。“共通”という言葉は、米国側居住区では日本や欧州など非米国籍の宇宙飛行士が滞在することもあり、NASA や Roscosmos により居住区ごとに国籍・宗教問わず食すことができるように用意されているため、つけられている。非米国籍の宇宙飛行士が滞在するときに“特別”に用意される各国の料理を宇宙食に加工したものも存在し、それらについて紹介する。

上記の共通宇宙食のほかに、ミッションごとに非米国籍の宇宙飛行士が ISS に行く場合は、それぞれの国の食を ISS に持ち込むことが可能である。イタリア、ドイツ、英国、フランスなどさまざまな国の食が宇宙ステーションに送られてきたが、宇宙日本食であれば焼き鳥や日清食品のカップヌードルな

どがある。共通宇宙食よりも文化によってレパートリーが異なっており、文化によって主菜、副菜、デザートなどコースが存在する場合は別々にバランスをとって用意されている。宇宙日本食の場合もコメや麺類といった主菜に魚系の副菜（おかず）と息抜きや食後のデザートが用意されている（図表 2）。この、国ごとの「特別」な宇宙食も上記の共通宇宙食と同じく保存性などが各宇宙機関から委託された検査機関で審査され、合格した場合であれば持ち込むことが可能となっており、大抵は食品メーカーが既存商品を宇宙食用にカスタマイズするか、場合によっては宇宙食にする目的で新規開発されることもある。日本の場合は宇宙日本食認証のための審査プロセスや基準はすべて公開されており、微生物検査、包装完全性検査、栄養成分検査、水分活性検査、保存試験などが詳細に記載されている^{※1}。一般的に審

※1 宇宙日本食の申請について
<https://humans-in-space.jaxa.jp/biz-lab/med-in-space/healthcare/food/procedure>

査には3年ほどかかる。

宇宙食というと完全に独立して開発され、地上の食とは全く異なる開発や製造方法がとられていると考える人もいるかもしれないが、上記の通り、ほとんど地上の食と変わることはなく、フリーズドライなどの加工や密封容器などで保存期間を延ばしている。

宇宙開発全体から見ると、宇宙機器や宇宙機（打ち上げロケットを用いて大気圏外で使用される人工物の総称）の研究開発において、機械工学、電気工学、電子工学、構造工学、熱制御工学、光学などのさまざまな分野で宇宙規格用に国の相応規模の予算で開発してきたものが多いが、それらは各所で地上の科学や工学等の技術向上にも役立ってきており、軌道から降ろす意味から、「スピノフ」と呼ばれる。「スピノフ」の著名な例としては、缶酎ハイ「氷結®」のダイヤカット缶の構造や自動車のエアバッグ、地上用ごみ処理装置、カプセル内視鏡、新幹線・リニアモーターカーの先頭車両の設計、IC、セラミックスなどがあげられる。

一方、宇宙食の場合は、容器の開発等で役立っている実績はあるが、食品自体のスピノフの例は少なく、地上の食を宇宙食用に多少加工して、定期的に新しい食品を補充することで間に合わせてきた。宇宙機器や宇宙機の研究開発のスピノフ例を考えると、宇宙食でも同様のスピノフが期待されるのではないだろうか。地上の食でも、プロテインライシス（人口の増加と新興国の経済発展による生活レベルの向上により、人類が必要とするタンパク質の需要に、供給が追いつかなくなること）、災害の高頻度化から生まれる災害食課題、農牧場の不足や1次産業従事者の不足などさまざま課題が近年出てきていることから、宇宙食の開発を起点に地上の食におけるフードテックの進歩促進ができると考えら

れる。地上へのニーズ対応が進むとともに、宇宙食の製造や販売、関連サービス等が産業として確立、発展していくことが期待される。

3 宇宙食の沿革と未来

有人宇宙開発が開始した当初は宇宙に持っていくための食の開発に注力はされておらず、人が宇宙に行き始めた1962年のジェミニ計画ではチューブに肉と野菜をペーストにしたものを入れて持っていく形をとっていた（図表3）。長くても数日しか宇宙空間に行かなかったため、地上の食を効率よくパッキングしたのみで、特段消費期限等を考慮してはいなかった。しかし、月面到達ミッションであるアポロ計画が始まり、1968年のアポロ8号のミッションから、フリーズドライ技術が十分に発達したこともあり、水で戻すタイプのパウチ入りの食事が用意

図表3 有人宇宙開発初期の宇宙食（ジェミニ計画で使用された牛肉と野菜のペースト）



出所) NASA ウェブサイト <https://www.nasa.gov/feature/space-station-20th-food-on-iss>

図表 4 宇宙食の課題と地上の食へも貢献する宇宙食の目指すべき姿



食の要素	現状	目指すべき姿	課題
味・食感	<ul style="list-style-type: none"> 味は普通 食感は軟らかいモノのみ 	<ul style="list-style-type: none"> 食感・風味を持つ 	地上食と同じレベルのおいしさや食感を実現する調理方法が不足している
材料の調達	<ul style="list-style-type: none"> すべて地球から輸送 	<ul style="list-style-type: none"> 地産地消 	宇宙空間での農業やタンパク質培養はいまだに研究中
調理	<ul style="list-style-type: none"> 調理済み食品のみ 	<ul style="list-style-type: none"> 食事前に調理可能 	お湯を追加するか、加熱容器で温めるしか調理・準備手段がない
食事の意味	<ul style="list-style-type: none"> 栄養摂取としての食事 	<ul style="list-style-type: none"> コミュニケーションとしての食事 	現状は人的リソースや技術的制約が多く地上の食事と同レベルの楽しい食事の実現が難しい

画像提供) JAXA <https://fanfun.jaxa.jp/faq/detail/188.html>
 一般社団法人SPACE FOODSPHER <https://spacefoodsphere.jp/>
 出所) NRI 作成

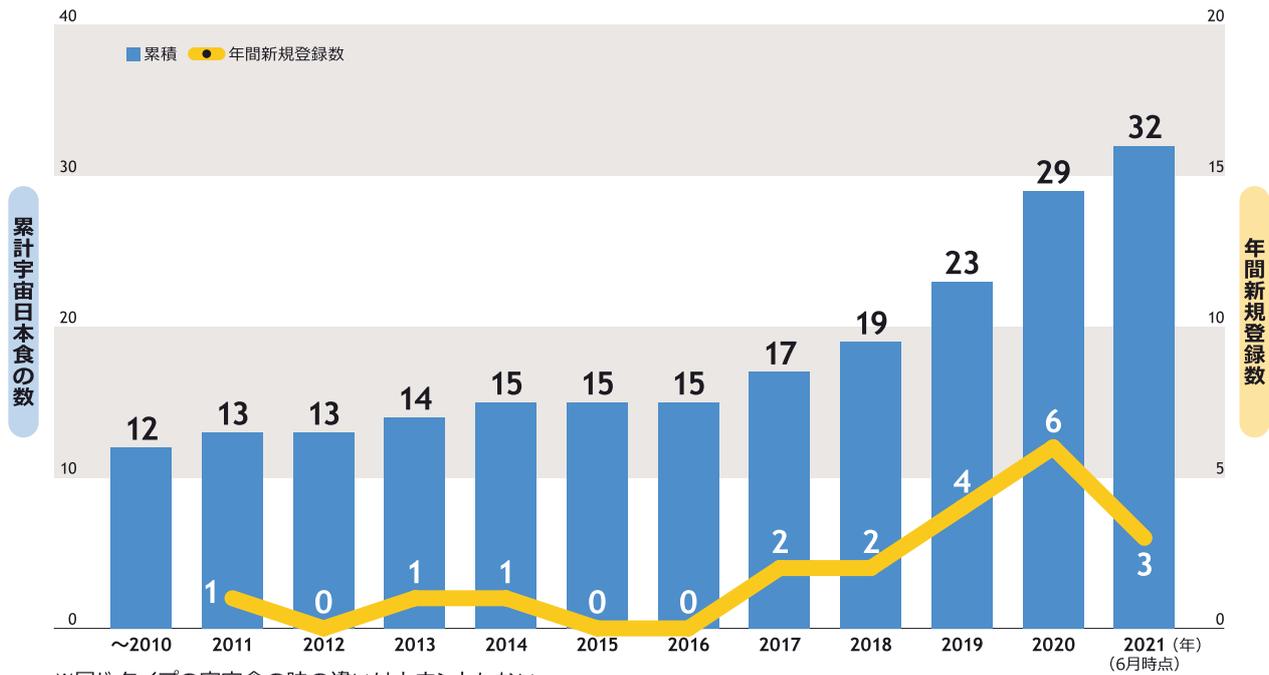
されるようになった。月面到達を達成した 11 号ですらミッション期間が往復で 1 週間程度であったため、消費期限はそれほど課題にならなかったといえる。

2010 年代から人類は、ISS という、年単位で地球外に滞在できるインフラを所有するようになった。宇宙での長期滞在の始まりにより、日々の栄養バランスや長期保存が可能かどうか、そして場所をとらずに保管可能かどうか、準備・調理に時間がかからないかどうかなどの制約が増えた。これら制約に対しては、地上の食品加工の技術を活用し、アルファ米などに代表される優れたフリーズドライ製法

等を活用するなどして、現代の宇宙食は製造されている。それだけでなく、地上から宇宙空間にモノを運ぶことが可能なロケット技術や宇宙ステーションに物資を運ぶ輸送船「こうのとりのり」が開発されたおかげで、定期的に新鮮な果物や野菜が送られるようになってきている。さらに、実験的ではあるが、宇宙ステーション上で野菜の栽培も行われている。

今後、地球低軌道だけでなく月や火星に人類の活動範囲を広げていくと、地球からの距離が遠ければ遠いほど、地球からのデリバリーのコストパフォーマンスが指数関数的に落ちていく。その場合、地上で製造や加工を行い月等に輸送するよりは現地で裁

図表 5 宇宙日本食の登録推移



※同じタイプの宇宙食の味の違いはカウントしない
 ※宇宙食認定日が明示されていない場合は、宇宙食として発表された年次とみなした

出所) JAXA 公開情報より NRI 作成

培をし、加工調理をすることが必須となる。培養肉（ウシなどの動物から取り出した少量の細胞を、動物の体外で増やしてつくる「本物の肉の代用品」のこと）や垂直栽培（平面的な畑や温室などで野菜を栽培する代わりに縦方向の空間も活用して垂直的に農作物をつくること）、3D プリントなど地上の最先端のフードテックが価値を発揮できる場所として宇宙が適していることもあり、各国の研究機関やスタートアップは地上の技術を宇宙で転用（「スピントフ」の対義語として、「スピアウト」ともいわれる）しようと日々精進している。日本でも一般社団法人 SPACE FOODSPHERE が「宇宙という極限的な環境における暮らしの課題を抽出し、究極の食のソリューションを共創」することを目標に 2020 年から活動している。将来、宇宙食は、効率よく栄養をとることによる身体の維持のみを考慮するのではなく、地上の食のようにおいしさや見た目、香り

も考慮された、精神的な要素も含めた真の食を宇宙でも目指し、宇宙での QOL 向上に貢献することが期待される。

4 宇宙食開発が貢献するより持続可能な地上食

前章で論じたように宇宙食開発は、地上の食課題を解決できる可能性を秘めていることから、持続可能性のある宇宙食“産業”が立ち上がることで、人類の地球上での持続可能性のある将来の食生活に貢献すると考えられる。その上で、宇宙食を地上の食と同じように顧客のニーズに支えられビジネスとして成り立つものにするための課題は、地上のフードテックと同様に産業と呼ぶほどにはニーズとしてあまり存在しない、いいかえると必要性や価値が認知されていないことであると筆者は推測する。このような状況は新規の産業にはつきものであり、大抵は

図表 6 PR のために地上の商品を宇宙向けに開発し、宇宙日本食として認証された例

会社名	地上商品	宇宙日本食認証名
ローソン	からあげクン	スペースからあげクン
日清食品	カップヌードル	日清スペースカップヌードル
江崎グリコ	ビスコ	SPACEビスコ
大塚製薬	ポカリスエット	イオンドリンク
キッコーマン	生しょうゆ	キッコーマン宇宙生しょうゆ
ハウス食品	レトルトカレー	レトルト チキンカレー レトルト ビーフカレー レトルト ポークカレー

出所) NRI 作成

ブランディングや PR で一般の人々に訴求し、努力を重ね、一定の閾（いき）値を超えたところで、市場内に競合の出現やさまざまな協業が開始され、産業自体が育っていくと考えられる。

近年の宇宙日本食認証制度の充実や SPACE FOODSPHERE の活動もあり、現在は大企業、自治体、スタートアップ、有識者など約 60 余りのプレーヤーが同社団法人にメンバーとして参画しており、2020 年下期から実際に宇宙日本食として登録される品数も統計的に増えてきている（図表 5）。食をつくるプレーヤーが興味を持ち始めることによりさまざまな課題が自動的に発見され一般認知されることが期待されるが、現状は、パウチ食品や乾燥食品など、簡易に宇宙日本食認証されうる食品の登録や PR のための宇宙日本食認証の例が多く見られる（図表 6）。このような認証は広く人々の注目を集める点でメリットはあるが、筆者が関心を持っているのは、制限が多い宇宙に対応した食の開発が中長期的な地上の食課題の解決にも資する点である。次章では、この観点から企業に期待される取り組みについて提案する。

5 宇宙食開発と地上の食課題解決の同時実現への期待

これからも続々と宇宙食の分野にプレーヤーが参画してくると期待されるが、宇宙食産業を形成していく企業は、「宇宙食の開発は同時に地上の食が抱える課題解決にも資するものである」という視点を事業戦略に織り込むことが重要であると筆者は考えている。具体的には、今後の社会トレンドを加味すると、次の二つの共通課題に優先的に取り組むべきである。

① 地上の SDGs × 食の課題解決に寄与する食の開発

宇宙空間では必然的に場所やリソースが限られており、ごみを出さないようにしたり、再利用したりする必要がある。そこで宇宙食に必要となりえる培養肉や垂直栽培のような技術が、地球上の食における課題であるプロテインクライシスなどの解決方法となるケースが多い。地球全体で宇宙食開発を通じて人類の食の持続可能性を高めるという高貴な目標に基づき、各企業が政府機関等から研究開発費用を獲得する可能性も高まっており、企業にとってさらなるキャッシュインにつながる。社会にも自社にも、顧客にとってもよいまさに三方よしである。

② 防災食としても有用性の高い食の開発

長期保存が可能で食あたりリスクが少なく、栄養価のバランスもよいことが宇宙食では必須条件となるが、それらの条件はまさしく地上の防災食（や軍用食）に転用可能なものである。台風や土砂崩れ、地震のリスクが高まる今、防災用の保存食の質が高まることは、緊急時における国の存続に直接関わることであり、安心・安全な社会の貢献につながる事が考えられる。

6 まとめと示唆

サステナビリティのトレンドが 2020 年代に入り急激に進み各産業に浸透した今、地上の食のサステナビリティに貢献するような宇宙食開発を行うことを条件に加える代わりにファンドから資金調達を行うことも以前と比べ飛躍的に容易になった。人類が生きていくために食は絶対に外せないピースであり、ある程度守られている立場であった。そのため、今まで産業として攻める必要がなかった可能性があるが、今こそ、近年の SDGs の波に乗り大きく化けるチャンスと見ている。特に食として各国より優れたものを多く持ち、文化として「もったいない」という言葉を生み出した日本だからこそ、持続可能性を求められる時代にこの分野を攻めたときの勝率は高い。日本の経済成長を促す主要テーマとして拡大していくことを筆者としても望んでいる。

●…… 筆者

森 裕和 (もり ひろかず)

株式会社 野村総合研究所

CX コンサルティング部

コンサルタント

専門は、グローバル DX 戦略、宇宙ビジ

ネスにおける事業戦略・新事業創出、人

工衛星データをはじめとするビッグデー

タの AI を活用したアナリティクス・コン

サルティング

E-mail: h3-mori@nri.co.jp

NRI パブリック
マネジメントレビュー

Public
Management
Review

Vol.220
November 2021